

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-131280

(43)Date of publication of application : 09.05.2002

(51)Int.Cl.

G01N 27/447

G01N 21/64

G01N 21/78

G01N 27/06

G01N 37/00

(21)Application number : 2000-325104

(71)Applicant : SHIMADZU CORP

(22)Date of filing : 25.10.2000

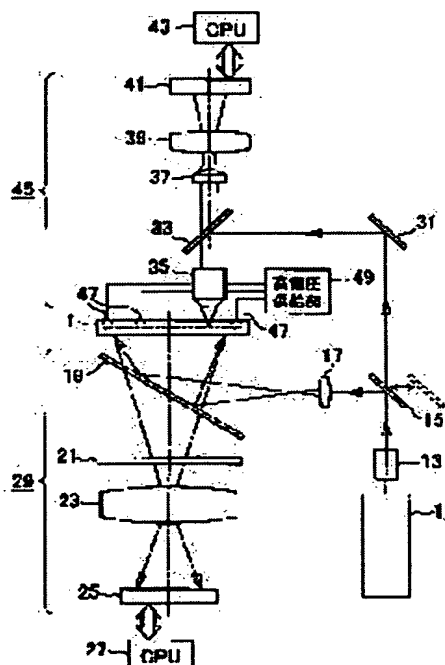
(72)Inventor : NAKAMURA SHIN

(54) ELECTROPHORESIS APPARATUS

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To achieve higher reliability in measurement results using an electrophoretic apparatus.

SOLUTION: A voltage for introducing samples is applied into individual reservoirs of a microchip 1 via an electrode 47 with a high-voltage supply part 49 for guiding samples injected into sample reservoirs of the chip 1, to a cross section part between a passage for introducing samples and a passage for separation. At this point, a mobile reflection mirror 15 is moved to the position of the solid line and excitation light from a laser device 11 is made to irradiate on the rear side of the chip 1 via a beam expander 13, a mirror 15, a lens 17 and a dichroic mirror 19. Fluorescence, light having a prescribed wavelength out of that from the chip 1 made to be irradiated on a spectroscopic filter 21 via the dichroic mirror 19 is made to pass with the spectroscopic filter 21 to the side of the lens 23, and the passing fluorescence light causes an image to be on formed CCD 25 by the lens 23. The distribution of samples in the passage for introducing samples is monitored by a CPU 27, based on the detected signals of the CCD 25.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-131280
(P2002-131280A)

(43) 公開日 平成14年5月9日 (2002.5.9)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード* (参考)
G 0 1 N 27/447		G 0 1 N 21/64	F 2 G 0 4 3
21/64		21/78	C 2 G 0 5 4
21/78		27/06	Z 2 G 0 6 0
27/06		37/00	1 0 1
37/00	1 0 1	27/26	3 3 1 E
審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 10 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2000-325104 (P2000-325104)

(22) 出願日 平成12年10月25日 (2000.10.25)

(71) 出願人 000001993

株式会社島津製作所

京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地

(72) 発明者 中村 伸

京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地

株式会社島津製作所内

(74) 代理人 100085464

弁理士 野口 繁雄

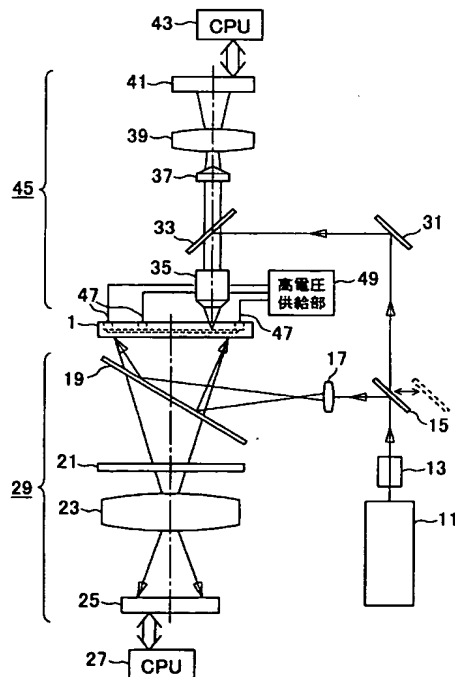
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電気泳動装置

(57) 【要約】

【課題】 電気泳動装置の測定結果の信頼性を向上させる。

【解決手段】 高電圧供給部49により電極47を介してマイクロチップ1の各リザーバにサンプル導入用の電圧を印加し、チップ1のサンプルリザーバに注入されたサンプルをサンプル導入用流路と分離用流路との交差部に導く。このとき、可動反射ミラー15を実線位置に移動させ、レーザ装置11からの励起光をビームエキスパンダ13、ミラー15、レンズ17及びダイクロイックミラー19を介してチップ1の裏面側に照射する。分光フィルター21により、ダイクロイックミラー19を介して分光フィルター21に照射されたチップ1からの蛍光のうち所定波長の蛍光のみをレンズ23側へ透過させ、透過した蛍光をレンズ23によりCCD25に結像させる。CPU27によりCCD25の検出信号に基づいてサンプル導入用流路内のサンプル分布を監視する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 板状部材の内部に流路が形成され、その板状部材の一表面の流路に対応する位置に流路に達する穴がリザーバとして形成されたチップデバイスを用い、前記流路の両端側に電圧を印加するための電圧供給機構と、前記流路内で分離されたサンプルを検出するための検出機構とを備えた電気泳動装置において、少なくとも前記サンプルが流路に注入される部位のサンプルを検出するサンプル注入モニター機構をさらに備えたことを特徴とする電気泳動装置。

【請求項 2】 前記サンプル注入モニター機構及び前記検出機構はそれぞれ蛍光検出光学系を備えたものであり、それらの蛍光検出光学系は共通の励起光源を有するものである請求項 1 に記載の電気泳動装置。

【請求項 3】 前記サンプル注入モニター機構は LED を光源とする検出光学系を備えたものである請求項 1 に記載の電気泳動装置。

【請求項 4】 用いるチップデバイスは前記流路として互いに交差するサンプル注入用流路と分離用流路とを備えているものであり、前記電圧供給機構によりサンプルを前記サンプル注入用流路と前記分離用流路との交差部へ導くための電圧を供給した後、前記サンプル注入モニター機構により検出した前記サンプル注入用流路の所定範囲でのサンプル分布が所定時間を経過しても均一にならないときに装置を一旦停止させる制御部をさらに備える請求項 1、2 又は 3 のいずれかに記載の電気泳動装置。

【請求項 5】 用いるチップデバイスは前記流路として互いに交差するサンプル注入用流路と分離用流路とを備えているものであり、前記電圧供給機構によりサンプル分離用の泳動電圧を印加したときに前記サンプル注入モニター機構により検出した前記サンプル注入用流路と前記分離用流路との交差部に存在するサンプルが前記分離用流路内へ泳動しないときに装置を一旦停止させる制御部をさらに備える請求項 1 から 4 のいずれかに記載の電気泳動装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、極微量のタンパク質や核酸、薬物などを高速かつ高分解能に分析する電気泳動に用いる電気泳動装置に関し、さらに詳しくは板状部材の内部に形成された流路で電気泳動を行なうチップデバイスを用いる電気泳動装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 極微量のタンパク質や核酸などを分析する場合には、従来から電気泳動装置が用いられており、その代表的なものとしてキャピラリー電気泳動装置がある。キャピラリー電気泳動装置は、内径が $100\mu\text{m}$ 以下のガラスキャピラリー内に泳動媒体を充填し、一端側にサンプルを導入した後、両端間に高電圧を印加して分

析対象物をキャピラリー内で展開させるものである。キャピラリー内は容積に対して表面積が大きい、すなわち冷却効率が高いことから、高電圧の印加が可能となり、DNA などの極微量サンプルを高速かつ高分解能にて分析することができる。

【0003】 キャピラリーはその外径が $100\sim 500\mu\text{m}$ 程度と細く破損しやすいため、ユーザーが行なうべきキャピラリー交換時の取扱いが容易でないという問題を有する。そこで、取扱いが煩雑なキャピラリーに代わって、分析の高速化、装置の小型化が期待できる形態として、D. J. Harrison et al./ Anal. Chem. 1993, 28, 361-366 に示されているように、2 枚の基板を接合して形成された電気泳動チップ（マイクロチップという）が提案されている。そのマイクロチップの例を図 7 に示す。

【0004】 マイクロチップ 1 は、一対の透明板状の無機材料（例えばガラス、石英、シリコンなど）又はプラスチックからなる基板 1a、1b からなり、半導体フォトリソグラフィ技術又はマイクロマシニング技術により、一方の基板 1b の表面に互いに交差する泳動用キャピラリー溝 3、5 を形成し、他方の基板 1a にはその溝 3、5 の端に対応する位置に貫通穴をアノードリザーバ 7a、カソードリザーバ 7c、サンプルリザーバ 7s、ウエイストリザーバ 7w として設けたものである。マイクロチップ 1 は、両基板 1a、1b を (C) に示すように重ねて接合した状態で使用される。このようなマイクロチップは 2 本の溝（channel）が交差して形成されていることから、Cross-channel Micro-chip とも呼ばれる。

【0005】 このマイクロチップ 1 を用いて電気泳動を行なう場合には、分析に先立って、例えばシリンジを使った圧送により、いずれかのリザーバ、例えばアノードリザーバ 7a から溝 3、5 内及びリザーバ 7a、7c、7s、7w 内に泳動媒体を充填する。次いで、リザーバ 7a、7c、7s、7w 内に充填された泳動媒体を除去し、短い方の溝（サンプル注入用流路）3 の一方の端に対応するサンプルリザーバ 7s にサンプルを注入し、他のリザーバ 7a、7c、7w にバッファ液を注入する。

【0006】 泳動媒体、サンプル及びバッファ液を注入したマイクロチップ 1 を電気泳動装置に装着する。各リザーバ 7a、7c、7s、7w に所定の電圧を印加し、サンプルを溝 3 中に泳動させて両溝 3、5 の交差部 9 に導く。各リザーバ 7a、7c、7s、7w に印加する電圧を切り換えて、長い方の溝（分離用流路）5 の両端のリザーバ 7a、7c 間の電圧により、交差部分 9 に存在するサンプルを溝 5 内に注入する。溝 5 内にサンプルを注入した後、リザーバ 7s 内に収容されているサンプルをバッファ液で置換する。その後、各リザーバ 7a、7c、7s、7w に電気泳動用の電圧を印加して、溝 5 内に注入したサンプルを溝 5 内で分離させる。溝 5 の適当

な位置に検出器を配置しておくことにより、電気泳動により分離されたサンプルを検出する。検出は、吸光光度法や蛍光光度法、電気化学的又は電気伝導度法などの手段により行なわれる。

【0007】また、マイクロチップの流路デザインや泳動媒体の組成などの分析条件は、用途やサンプルに応じて異なる。他の流路デザインのマイクロチップとしては、例えば、Yining Shi et al./ Anal. Chem. 1999, 71, 5354-5361に示されているように、放射状に多数の分離用流路を備えた電気泳動用マイクロプレートがある。近年はマイクロチップよりもサイズの大きいものや、複数のチャンネルを備えたもの、さらにはチャンネルの交差部をもたないストレートチャンネルを備えたものも使用されている。本発明におけるチップデバイスはこれらを全て包含したものである。

【0008】マイクロチップを用いる電気泳動装置においては、サンプルリザーバに注入されたサンプルをサンプル導入用流路と分離用流路との交差部に導くために電圧を印加する際にサンプル導入用流路全体でサンプル分布が均一になる、すなわちサンプル導入用流路と分離用流路との交差部に十分な量のサンプルが導かれるインジェクション条件、例えば流路の両端に印加する電圧の大きさやその電圧印加時間、温度などを流路デザインやサンプルごとに検討しなければならない。従来、インジェクション条件の検討は、電気泳動装置とは別のモニター装置を用いて行なっていた。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかし、電気泳動装置にマイクロチップを設置し、上記モニター装置を用いて得られたインジェクション条件によりマイクロチップのサンプル導入用流路と分離用流路との交差部へサンプルを導くための電圧を印加するとき、何らかの不具合によりサンプルがサンプル導入用流路全体で均一にならないことがある。サンプル導入用流路でのサンプル分布が均一でない状態でサンプルを分離用流路に注入して分離した測定結果は信用性に欠けるが、サンプルを分離用流路に注入するときのサンプル導入用流路でのサンプル分布を確認することはできなかった。そこで本発明は、電気泳動装置の測定結果の信頼性を向上させることを目的とするものである。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明の電気泳動装置は、板状部材の内部に流路が形成され、その板状部材の一表面の流路に対応する位置に流路に達する穴がリザーバとして形成されたチップデバイスを用い、流路の両端側に電圧を印加するための電圧供給機構と、流路内で分離されたサンプルを検出するための検出機構とを備えた電気泳動装置であって、少なくともサンプルが流路に注入される部位のサンプルを検出するサンプル注入モニター機構をさらに備えるものである。

【0011】電圧供給機構によりサンプルを流路へ導くための電圧を供給した後、サンプル注入モニター機構により、少なくともサンプルが流路に注入される部位のサンプルを検出する。例えば、流路として互いに交差するサンプル注入用流路と分離用流路が形成されているチップデバイスを用いた場合、サンプルが流路に注入される部位のサンプルを検出することにより、サンプル注入用流路と分離用流路との交差部に分離に十分な量のサンプルが導かれているか否かを知ることができる。さらに、サンプル注入用流路でのサンプル分布を監視することにより、インジェクション条件の検討を行なうこともできる。

【0012】

【発明の実施の形態】サンプル注入モニター機構及び検出機構はそれぞれ蛍光検出光学系を備えたものであり、それらの蛍光検出光学系は共通の励起光源を有するものであることが好ましい。その結果、それぞれ励起光源を備えた場合に比べて、装置の大きさを小さくすることができ、さらに装置の価格及びランニングコストを低減することができる。

【0013】サンプル注入モニター機構はLED (Light Emitting Device、発光ダイオード) を光源とする検出光学系を備えたものであることが好ましい。その結果、光源自体が安価になるのでサンプル注入モニター機構を安価に構築することができる。さらに、サンプルが流路に注入される部位のレイアウトに合わせてLEDアレイを配置するようにすれば、複雑な照射用の光学系を設ける必要がないので、サンプル注入モニター機構をさらに安価に構築することができる。

【0014】用いるチップデバイスは流路として互いに交差するサンプル注入用流路と分離用流路とを備えているものであり、電圧供給機構によりサンプルをサンプル注入用流路と分離用流路との交差部へ導くための電圧を供給した後、サンプル注入モニター機構により検出したサンプル注入用流路の所定範囲でのサンプル分布が所定時間を経過しても均一にならないときに装置を一旦停止させる制御部をさらに備えることが好ましい。

【0015】用いるチップデバイスは流路として互いに交差するサンプル注入用流路と分離用流路とを備えているものであり、電圧供給機構によりサンプル分離用の泳動電圧を印加したときにサンプル注入モニター機構により検出したサンプル注入用流路と分離用流路との交差部に存在するサンプルが分離用流路内へ泳動しないときに装置を一旦停止させる制御部をさらに備えることが好ましい。これらの制御部を備えることにより、サンプルの泳動の良否を自動で判定して泳動の管理を行なうことができる。

【0016】

【実施例】図1は本発明にかかる電気泳動装置の一実施例を示す概略構成図である。図1に示すマイクロチップ

1は図7のものと同一である。マイクロチップ1はリザーバが形成された表面を上方にしてチップ保持台(図示は省略)に保持されている。チップ保持台にはチップ1の温度を調節する温調機構が備えられている。

【0017】後述する分離ピーク検出光学系とサンプルインジェクションモニター光学系で共通の励起光源レーザ装置11が設けられている。レーザ装置11としては、例えばアルゴン(Ar)レーザやクリプトン(Kr)レーザ、ヘリウムネオン(He-Ne)レーザ、ネオジウム(Nd)-YAG(Y₃Al₅O₁₂)などのNdイ

オン固体レーザ、半導体レーザ(Laser Diode: LD)、光第2高調波発生(SHG)現象を利用した固体レーザなど、種々のレーザ装置を用いることができる。【0018】レーザ装置11からの励起光の光路にはその励起光を平行光にするビームエキスパンダ13が設けられている。ビームエキスパンダ13からの励起光の光路には、その光路上に位置する実線位置とその光路から外れた破線位置の間で移動される可動反射ミラー15が設けられている。可動反射ミラー15に反射された励起光の光路にはその励起光を広げるレンズ17が設けられ

ている。レンズ17からの励起光の光路には、チップ1の底面側(リザーバが形成された表面とは反対側)に配置され、レンズ17からの励起光をチップ1の底面側へ反射するダイクロイックミラー19が設けられている。ダイクロイックミラー19は励起光を反射し、チップ1側からの蛍光を透過するような波長特性のものを用いる。

【0019】ダイクロイックミラー19のチップ1とは反対側に、分光フィルター21が設けられている。分光フィルター21はダイクロイックミラー19を透過したチップ1からの蛍光のうち、所定の蛍光波長の光のみを透過するものである。ダイクロイックミラー19及び分光フィルター21の仕様は、サンプルの標識に使用する蛍光物質とレーザ装置11が発振する励起光の波長により決定される。【0020】分光フィルター21を透過した蛍光の光路にはその蛍光をCCD(Charge Coupled Device)25の受光面に結像するためのレンズ23が設けられている。CCD25には、CCD25の動作を制御し、CCD25の検出信号を処理するためのCPU(中央演算処理装置)27が電気的に接続されている。可動反射ミラー15、ダイクロイックミラー19、分光フィルター21、レンズ23及びCCD25はサンプルインジェクションモニター光学系29を構成する。モニター光学系29は、チップ1のサンプル導入用流路3及び分離用流路5における蛍光標識を検出して流路3、5でのサンプル分布を検出する。

【0021】モニター光学系29において、少なくともサンプル導入用流路3と分離用流路5との交差部周辺に励起光を照射できるのであれば、ビームエキスパンダ1

3の出力光の径とチップ1の流路デザインによっては、レンズ17はなくてもよい。本発明を構成するサンプル注入モニター機構は、レーザ装置11、ビームエキスパンダ13、CPU27及びモニター光学系29により構成される。

【0022】可動反射ミラー15が破線位置に位置するときのビームエキスパンダ13からの励起光の光路には反射ミラー31が設けられている。反射ミラー31に反射された励起光の光路には、チップ1の表面側(リザーバが形成された側)に配置され、反射ミラー31からの励起光をチップ1の表面側へ反射するダイクロイックミラー33が設けられている。ダイクロイックミラー33は励起光を反射し、チップ1側からの蛍光を透過するような波長特性のものを用いる。

【0023】ダイクロイックミラー33に反射された励起光の光路には、その励起光をチップ1の分離用流路5の検出位置に集光する対物レンズ35が設けられている。ダイクロイックミラー33の対物レンズ35とは反対側に分光器37が設けられている。分光器37は対物レンズ35及びダイクロイックミラー33を通過したチップ1からの蛍光を分光する。分光器37としては例えば分光フィルターパネルとウェッジプリズムを組み合わせたものや、通過型グレーティングなどを用いることができる。

【0024】分光器37を透過した蛍光の光路にはその蛍光をCCD41の受光面に結像するためのレンズ39が設けられている。CCD41には、CCD41の動作を制御し、CCD41の検出信号を処理するためのCPU43が電気的に接続されている。反射ミラー31、ダイクロイックミラー33、対物レンズ35、分光器37、レンズ39及びCCD41は分離ピーク検出光学系45を構成する。検出光学系45は、チップ1の分離用流路5の検出位置における蛍光標識を検出して分離したサンプルを検出するものである。分光器37により検出位置からの光を分光することにより、複数種類の蛍光波長を検出することができる。本発明を構成する検出機構は、レーザ装置11、ビームエキスパンダ13、CPU43及び検出光学系45により構成される。

【0025】チップ1の表面側に、チップ1のリザーバ7a、7c、7s、7wに収容された液に電圧を印加するための電極47がリザーバ7a、7c、7s、7wごとに設けられている。各電極47は電極47に電圧を供給するための高電圧供給部49に電気的に接続されている。高電圧供給部49は、図示は省略されているがCPU27に電気的に接続されており、高電圧供給部49の動作はCPU27により制御される。本発明を構成する電圧供給機構は電極47及び高電圧供給部49により構成され、本発明を構成する制御部はCPU27により実現される。

【0026】図2はこの実施例の動作を示すフローチャ

ートである。図3はチップ1の平面図及びサンプル導入時のサンプル注入用流路と分離用流路との交差部内を示す拡大図である。図1から図3を参照してこの実施例の動作を説明する。サンプル注入用流路3及び分離用流路5内に泳動媒体を充填し、リザーバ7a, 7c, 7wにバッファ液を注入し、リザーバ7sにサンプルを注入したチップ1をチップ保持台に設置する(ステップS1)。電極47をリザーバ7a, 7c, 7s, 7w内に進入させ、予め検討されたインジェクション条件によって高電圧供給部49により電極47を介して各リザーバ7a, 7c, 7s, 7wにサンプル導入用の電圧を印加する(ステップS2)。リザーバ7sに注入されたサンプルはサンプル導入用流路3内に広がり始める。

【0027】モニター光学系29を使用してサンプル導入用流路3内のサンプル分布を監視する(ステップS3)。その動作を説明すると、まず可動反射ミラー15を実線位置に移動させ、レーザ装置11から励起光を発振させる。レーザ装置11からの励起光をビームエキスパンダ13により平行光にする。平行光にされた励起光を可動反射ミラー15により反射し、モニター光学系29内へ入射する。可動反射ミラー15からの励起光をレンズ17により広げ、さらにダイクロイックミラー19により反射してチップ1の裏面側に照射する。これにより、励起光はサンプル導入用流路3全体及び分離用流路5全体に照射される。分光フィルター21により、ダイクロイックミラー19を介して分光フィルター21に照射されたチップ1からの蛍光のうち所定波長の蛍光のみをレンズ23側へ透過させ、透過した蛍光をレンズ23によりCCD25に結像させる。CPU27によりCCD25の検出信号をイメージファイルにデータ変換し、サンプル分布を監視する。

【0028】CPU27によりサンプル導入用流路3内でサンプル分布が均一になったか否かを判定する(ステップS4)。これにより、交差部9に分離及び検出に十分な量のサンプルが導かれたか否かを判定する。ステップS4でサンプル分布が均一になっていないと判定したとき(No)は、サンプル導入用の電圧の印加から所定時間が経過したか否かを判断する(ステップS5)。所定時間が経過していないとき(No)はステップS4に戻る。所定時間が経過したとき(Yes)は、CPU27により高電圧供給部49を制御して電圧の印加を停止させ、リカバールーチン又は次の実行モードへ移行する。

【0029】図3中で交差部9の拡大図に示すように、サンプル分布がサンプル導入用流路3内で均一になり、ステップS4でサンプル分布が均一になったと判定したとき(Yes)、高電圧供給部49によりリザーバ7a, 7c, 7s, 7wに印加する電圧を切り換えて、サンプル分離用の泳動電圧を印加してサンプルの分離泳動を開始する(ステップS6)。このとき、CPU27は

モニター光学系29を使用したサンプル導入用流路3内のサンプル分布の監視を継続しており、交差部9に存在するサンプルが分離用流路5内に注入されたか否かを判定する(ステップS7)。ステップS7で分離用流路5にサンプルが注入されないと判定したとき(No)は、CPU27により高電圧供給部49を制御して電圧の印加を停止させ、リカバールーチン又は次の実行モードへ移行する。ステップS8で分離用流路5にサンプルが注入されたと判定したとき(Yes)は、そのまま泳動電圧の印加を継続し、サンプルの分離泳動を行なう。

【0030】検出光学系45を使用して、検出位置に到達したサンプルの検出を行なう(ステップS8)。その動作を説明すると、ステップS8で分離用流路5へのサンプルの注入を確認した後、可動ミラー15を破線位置へ移動させて、ビームエキスパンダ13からの励起光を反射ミラー31に照射する。ビームエキスパンダ13からの励起光を反射ミラー31により反射し、検出光学系45内へ入射する。可動反射ミラー15からの励起光をダイクロイックミラー33によりチップ1の表面側へ反射し、対物レンズ35により集光してチップ1の表面側から分離用流路5の検出位置に照射する。

【0031】分離用流路5の検出位置からの蛍光は対物レンズ35及びダイクロイックミラー33を介して分光器37に照射される。分光器37により分離用流路5の検出位置からの蛍光を分光し、その分光された蛍光をレンズ39によりCCD41に結像させる。CPU43によりCCD41の検出信号をイメージファイルにデータ変換して波形処理を行ない、分離したサンプルの検出を行なう。サンプルの分離終了後、高電圧供給機構49による電圧の供給を停止する。

【0032】このように、モニター光学系29を備え、モニター光学系29を使用してサンプル導入用流路3内、特にサンプル導入用流路3と分離用流路5との交差部9周辺のサンプル分布を監視することにより、図2のステップS4で、サンプルを交差部9に導くための電圧をリザーバ間に印加しているときに交差部9に十分な量のサンプルが導かれたか否かを判定することができるので、交差部9に十分な量のサンプルが導かれない場合は測定を中止することにより、測定結果の信頼性を向上させることができる。さらに、図2のステップS8で、交差部9に存在するサンプルが分離用流路5内に導入され、泳動しているか否かを判定することができるので、サンプルが泳動市内場合は測定を中止することにより、測定結果の信頼性を向上させることができる。

【0033】この実施例はサンプルのインジェクション条件の検討を行なうこともできる。チップ1の温度、電圧供給機構49による各リザーバへの供給電圧、各リザーバへの電圧印加時間を変更し、モニター光学系29を使用して各条件におけるサンプル導入用流路3内のサンプル分布を監視する。これにより、最適なインジェクシ

ヨン条件を検討することができる。

【0034】この実施例では励起光源としてのレーザ装置 11 を 1 つのみ備えているが、本発明はこれに限定されるものではなく、モニター光学系 29 用の励起光源と検出光学系 45 用の励起光源をそれぞれ設けてもよい。その場合、可動反射ミラー 15 及び反射ミラー 31 は不要である。また、この実施例ではモニター光学系 29 用の CPU 27 と検出光学系 45 用の CPU 43 をそれぞれ設けているが、1 つの CPU により CPU 27、43 の機能を実現するようにしてもよい。

【0035】また、この実施例では、サンプル注入モニター機構を構成するモニター光学系 29 はサンプル導入用流路 3 全体及び分離用流路 5 全体を検出範囲としているが、本発明はこれに限定されるものではなく、サンプル注入モニター機構はサンプル導入用流路と分離用流路との交差部を含むサンプル導入用流路の一部分又は全体を検出範囲とするものであればよい。

【0036】図 1 に示す実施例では 1 本の分離用流路 5 が形成されたマイクロチップ 1 を用いているが、本発明はこれに限定されるものではなく、多数の分離用流路が形成されたチップデバイスを用いた電気泳動に適用することもできる。図 4 は、多数の分離用流路が形成されたマイクロチップを示す上面図である。マイクロチップ 51 は、一対の透明板状の無機材料（例えばガラス、石英、シリコンなど）又はプラスチックからなる基板 51 a、51 b により構成される。

【0037】一方の基板 51 b の表面には、半導体フォトリソグラフィ技術又はマイクロマシニング技術により、互いに交差するサンプル導入用流路 53 及び分離用流路 55 の組が 8 組形成されている。8 組の流路 53、55 は、他の組の流路と交差しないように、サンプル導入用流路 53 と交差する側とは反対側の分離用流路 55 の一端側を要として扇型に配置されている。サンプル導入用流路 53 はチップ 51 の面積縮小のために鉤型に形成されている。

【0038】他方の基板 51 a には流路 53、55 の端に対応する位置にアノードリザーバ 57 a、カソードリザーバ 57 c、サンプルリザーバ 57 s、ウエイストリザーバ 57 w としての貫通穴が形成されている。リザーバ 57 c、57 s、57 w は流路 53、55 の組ごとに設けられている。アノードリザーバ 57 a は扇型配置の要側の各組の分離用流路 55 の一端側で共通である。

【0039】チップ 51 は、両基板 51 a、51 b を重ねて接合した状態で使用される。チップ 51 での分離サンプルの検出位置は、扇型配置の要側の各組の分離用流路 55 の一端側付近である。このようなマイクロチップは、多数の分離用流路が形成されていることから、Multi-channel Micro-chip とも呼ばれる。

【0040】図 1 に示す電気泳動装置にチップ 51 を設置して測定を行なう場合、装置の電極 47 はリザーバ 5

7 a、57 c、57 s、57 w の配置に対応して設ける必要がある。さらに、検出光学系 45 に関し、例えば反射ミラー 31 とダイクロイックミラー 33 の間の光路にガルバノミラーや AOD (Acousto-Optics Device) などのビームスキャン素子を設けて帯状の検出位置で励起光を走査できるようにし、分光器 37、レンズ 39 及び CCD 41 を 8 本の分離用流路 55 を区別して検出できるものに変更する必要がある。そのように変更してチップ 51 に対応した図 1 に示す電気泳動装置を用いて電気泳動を行なうようにすれば、モニター光学系 29 を使用して、サンプル導入用流路 53 内のサンプル分布の様子や分離用流路 55 へのサンプルの泳動を監視することができる。

【0041】図 5 は、サンプルを蛍光波長の異なる 4 種類の蛍光物質で標識し、チップ 51 を用いて分離検出したときの検出信号を示す図である。横軸 (x 軸) は分離用流路 55 の番号 (チャンネル番号)、縦軸 (y 軸) は 4 種類の分光スペクトルを示す。図 5 では 4 本の分離用流路 55 の検出信号を示している。図 5 中の丸印は検出位置でかつ分光された蛍光の強度を示す。

【0042】チップ 51 の各サンプルリザーバ 57 s に異なるサンプルをそれぞれ注入し、各リザーバに電圧を印加してサンプルを各組のサンプル導入用流路 53 と分離用流路 55 との交差部に導いた後、各リザーバに泳動電圧を印加して交差部に存在するサンプルを分離用流路 55 へ注入する。各分離用流路 55 では、サンプルが分離されつつアノードリザーバ 57 a 側へ泳動される。分離され、検出位置に到達したサンプル成分を 4 種類の蛍光物質で識別する。

【0043】図 6 は本発明にかかる電気泳動装置の他の実施例を示す概略構成図である。図 6 に示すマイクロチップ 1 は図 7 のものと同じである。図 1 と同じ部分には同じ符号を付し、その部分の説明は省略する。チップ 1 はチップ保持台 (図示は省略) に保持されている。励起光源レーザ装置 11、ビームエキスパンダ 13、CPU 43、分離ピーク検出光学系 45 を構成する反射ミラー 31、ダイクロイックミラー 33、対物レンズ 35、分光器 37 及び CCD 41、並びに電極 47 及び高電圧供給部 49 は図 1 の実施例と同じである。ただし、サンプルリザーバ及びウエイストリザーバに対応する電極 47 の図示は省略されている。また、反射ミラー 31 を省略して、ビームエキスパンダ 13 からの励起光をダイクロイックミラー 33 に直接入射するようにしてもよい。

【0044】チップ 1 の表面側のサンプル導入用流路 3 と分離用流路 5 との交差部 9 に対応する位置に励起光源としての LED 59 が配置されている。LED 8 としては、例えば発振周波数 480 nm の青色 LED を用いることができる。ただし、本発明で用いる LED は青色 LED に限定されるものではなく、用いる蛍光物質に応じて他の色、すなわち他の波長の光を発光する LED を用

いることができる。

【0045】チップ1の裏面側のサンプル導入用流路3と分離用流路5との交差部9に対応する位置に分光フィルター61が配置されている。分光フィルター61はチップ1の交差部9周辺からの蛍光のうち、所定の蛍光波長の光のみを透過するものである。分光フィルター61の仕様は、サンプルの標識に使用する蛍光物質とLED59が発光する励起光の波長により決定される。

【0046】分光フィルター61を透過した蛍光の光路にはその蛍光をCCD65の受光面に結像するためのレンズ63が設けられている。CCD65には、CCD65の動作を制御し、CCD65の検出信号を処理するためのCPU67が電気的に接続されている。LED59、分光フィルター61、レンズ63及びCCD65はサンプルインジェクションモニター光学系29aを構成する。モニター光学系29aは、チップ1のサンプル導入用流路3と分離用流路5との交差部9周辺における蛍光標識を検出して交差部9付近の流路3、5でのサンプル分布を検出する。

【0047】モニター光学系29において、少なくともサンプル導入用流路3と分離用流路5との交差部周辺に励起光を照射できるのであれば、ビームエキスパンダ13の出力光の径とチップ1の流路デザインによっては、レンズ17はなくてもよい。本発明を構成するサンプル注入モニター機構は、レーザ装置11、ビームエキスパンダ13、CPU27及びモニター光学系29により構成される。

【0048】この実施例では、サンプルリザーバに注入されたサンプルを交差部9に導くための電圧をリザーバ間に印加しているときに、LED59を点灯させ、モニター光学系29aを使用してサンプル導入用流路3内、特にサンプル導入用流路3と分離用流路5との交差部9周辺のサンプル分布を監視する。これにより、図1の実施例と同様に、交差部9に十分な量のサンプルが導かれたか否かを判定することができるので、測定結果の信頼性を向上させることができる。また、この実施例をサンプルのインジェクション条件の検討に使用することもできる。

【0049】この実施例ではモニター光学系29a用のCPU67と検出光学系45用のCPU43をそれぞれ設けているが、1つのCPUによりCPU43、67の機能を実現するようにしてもよい。また、この実施例では、シングルチャンネルのチップ1を用いているが、マルチチャンネルのチップデバイスにも適用できる。例えば図4に示すチップ51を用いる場合、サンプル導入用流路53と分離用流路55との交差部の位置に対応して8個のLEDを並べて配置することにより、各交差部にそれぞれ励起光を照射し、に各交差部におけるサンプル分布を監視することができる。

【0050】また、この実施例では、チップ1のサンプ

ル導入用流路3と分離用流路5との交差部9の位置に対応してLED59を配置し、LED59からの励起光を交差部9に直接照射しているが、本発明はこれに限定されるものではなく、例えば、LED59とチップ1との間に集光レンズを配置し、その集光レンズを介して交差部9にLED59からの励起光を照射したり、図1に示す構成において可動反射ミラー15をなくし、レンズ17のダイクロイックミラー19とは反対側にLEDを配置し、レンズ17及びダイクロイックミラー19を介してLEDからの励起光を照射したりするなど、LEDからの励起光を光学系を介してチップ1に照射するようにしてもよい。

【0051】本発明による電気泳動装置で使用できるマイクロチップは、図4及び図7に示すものに限定されるものではなく、例えば、交差する流路が存在しない分離用流路が形成されたものや、分離用流路に複数の流路が交差して形成されているもの、大型のものなど、種々の流路デザインのマイクロチップを用いることができる。但し、チップデバイスの流路デザインに対応して、電圧供給機構、検出機構及びサンプル注入モニター機構の構成の変更が必要である。上記実施例では、サンプル注入モニター機構及び検出機構として蛍光検出光学系を備えたものを用いているが、本発明はこれに限定されるものではなく、サンプル注入モニター機構及び検出機構は、吸光光度法や電気伝導度法など、他の手段により検出を行なう機構を用いてもよい。

【0052】

【発明の効果】本発明の電気泳動装置では、少なくともサンプル注入用流路と分離用流路との交差部を含むサンプル注入用流路におけるサンプル分布を検出するサンプル注入モニター機構をさらに備えているので、電圧供給機構によりサンプルを交差部へ導くための電圧を供給した後、サンプル注入用流路と分離用流路との交差部に分離に十分な量のサンプルが導かれているか否かを知ることができ、測定結果の信頼性が向上する。さらに、インジェクション条件の検討を行なうこともできるようになる。

【0053】サンプル注入モニター機構及び検出機構はそれぞれ蛍光検出光学系を備えたものであり、それらの蛍光検出光学系は共通の励起光源を有するようにすれば、それぞれ励起光源を備えた場合に比べて、装置の大きさを小さくすることができ、さらに装置の価格及びランニングコストを低減することができる。

【0054】サンプル注入モニター機構としてLEDを光源とする検出光学系を備えたものを用いるようにすれば、光源自体が安価になるのでサンプル注入モニター機構を安価に構築することができ、さらに、サンプルが流路に注入される部位のレイアウトに合わせてLEDアレイを配置するようにすれば、複雑な照射用の光学系を設ける必要がないので、サンプル注入モニター機構をさら

に安価に構築することができる。

【0055】用いるチップデバイスは流路として互いに交差するサンプル注入用流路と分離用流路とを備えているものであり、電圧供給機構によりサンプルをサンプル注入用流路と分離用流路との交差部へ導くための電圧を供給した後、サンプル注入モニター機構により検出したサンプル注入用流路の所定範囲でのサンプル分布が所定時間を経過してもサンプル注入用流路の所定範囲で均一にならないときに装置を一旦停止させる制御部をさらに備えるようにすれば、サンプルの泳動の良否を自動で判定して泳動の管理を行なうことができる。

【0056】用いるチップデバイスは流路として互いに交差するサンプル注入用流路と分離用流路とを備えているものであり、電圧供給機構によりサンプル分離用の泳動電圧を印加したときにサンプル注入モニター機構により検出したサンプル注入用流路と分離用流路との交差部に存在するサンプルが分離用流路内へ泳動しないときに装置を一旦停止させる制御部をさらに備えるようにすれば、サンプルの泳動の良否を自動で判定して泳動の管理を行なうことができる。

【図面の簡単な説明】

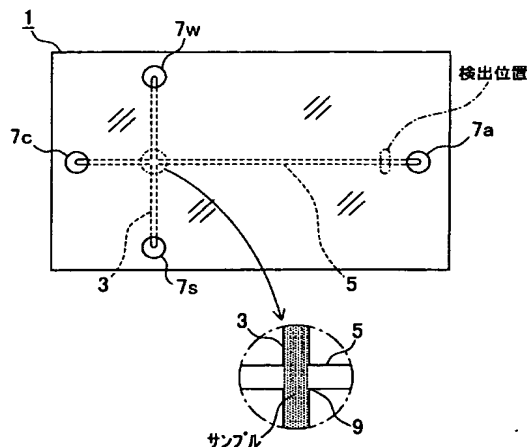
【図1】 一実施例を示す概略構成図である。

【図2】 同実施例の動作を示すフローチャートである。

【図3】 マイクロチップの平面図、及びサンプル導入時のサンプル注入用流路と分離用流路との交差部内を示す拡大図である。

【図4】 多数の分離用流路が形成されたマイクロチップを表す図であり、(A)は一方の基板の上面図、(B)は他方の基板の上面図、(C)は両基板を重ね合わせた状態での上面図である。

【図3】



【図5】 サンプルを蛍光波長の異なる4種類の蛍光物質で標識し、図4のマイクロチップを用いて分離検出したときの検出信号を示す図である。

【図6】 他の実施例を示す概略構成図である。

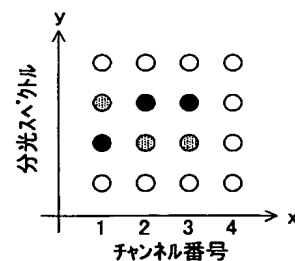
【図7】 マイクロチップの一例を表す図であり、

(A)は一方の基板の上面図、(B)は他方の基板の上面図、(C)は両基板を重ね合わせた状態での側面図である。

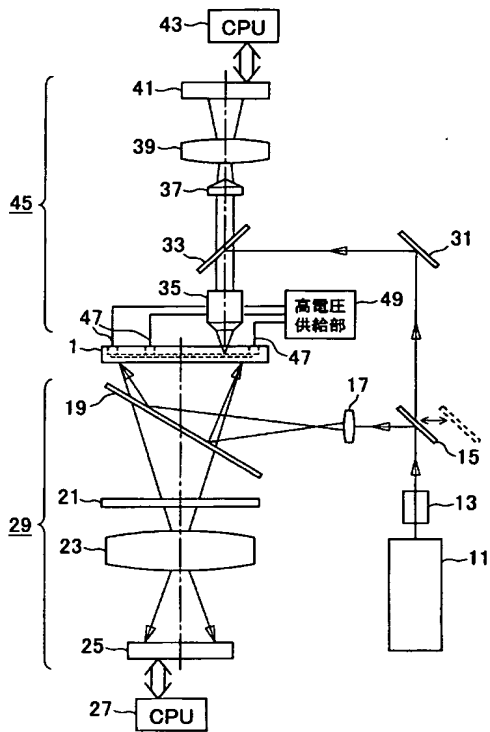
【符号の説明】

1	マイクロチップ
3	サンプル注入用流路
5	分離用流路
7a	アノードリザーバ
7c	カソードリザーバ
7s	サンプルリザーバ
7w	ウエイストリザーバ
11	励起光源レーザ装置
13	ビームエキスパンダ
15	可動反射ミラー
20	17, 23, 39, 69 レンズ
19, 33	ダイクロイックミラー
21, 61	分光フィルター
25, 41, 65	CCD
27, 43, 67	CPU
29	サンプルインジェクションモニター光学系
37	分光器
45	分離ピーク検出光学系
47	電極
49	高電圧供給部
59	LED

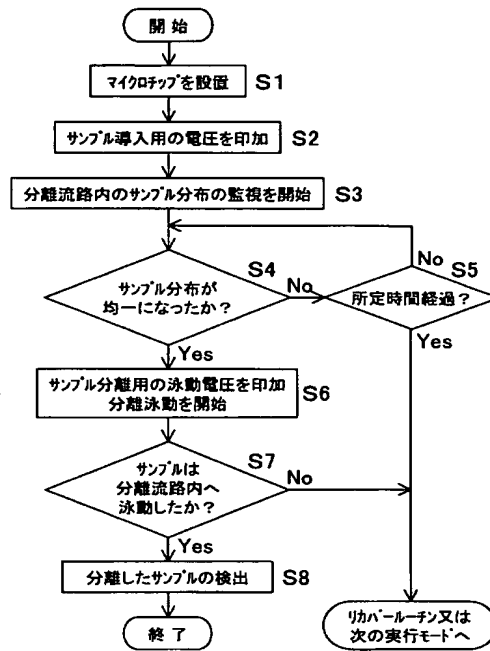
【図5】



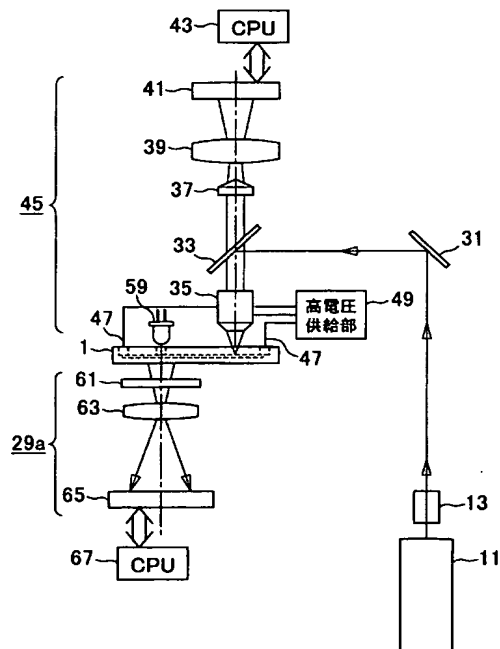
【図1】



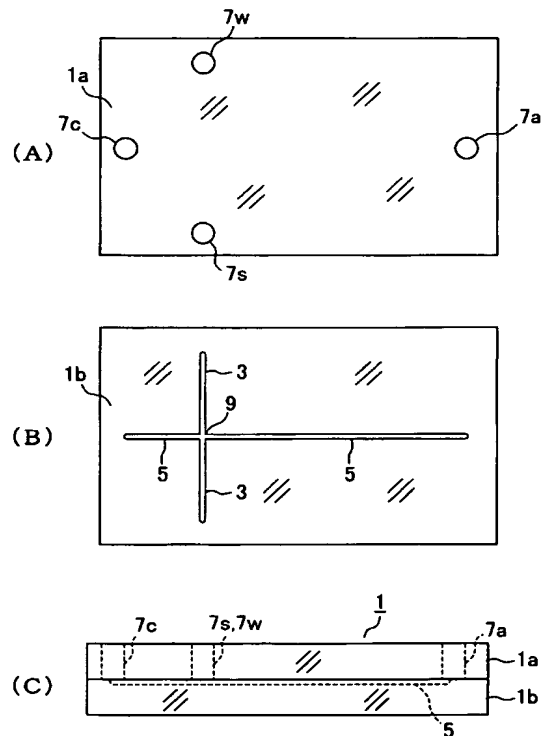
【図2】



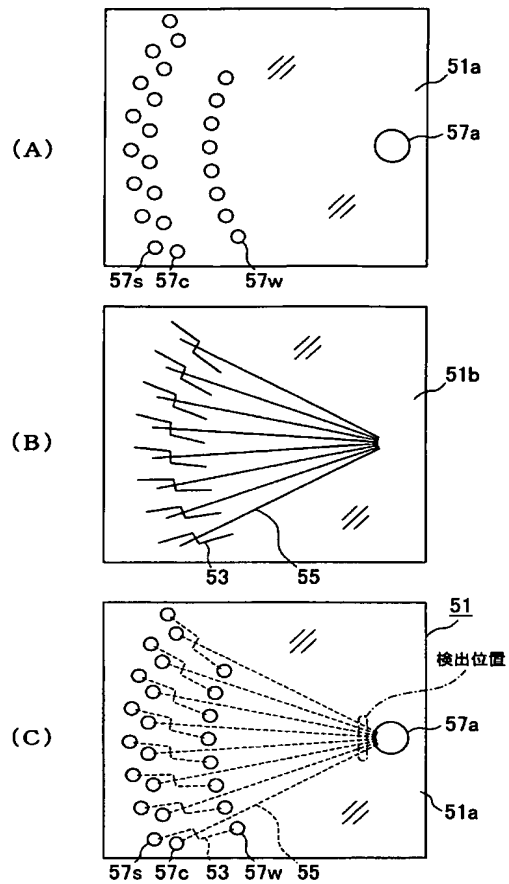
【図6】



【図7】



【図4】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁷

識別記号

F I
G O I N 27/26

テーマコード (参考)

331K

F ターム (参考) 2G043 AA03 BA14 BA16 CA03 DA02
 DA05 EA01 EA19 FA03 FA06
 GA07 GB01 GB07 GB21 HA01
 HA09 JA03 JA04 KA09 LA03
 2G054 AA06 AB07 BB03 CA22 CA23
 CA30 CD01 EA03 EB02 FA07
 FA17 FA19 FA20 FA44 GA04
 JA01 JA02 JA04 JA05
 2G060 AA06 AC02 AD06 AE17 AF08
 FA01 FB02 HC07 HC19 HC22
 HD03